

ファジィ・ニューロモデルによる経路選択現象の記述

岐阜大学大学院 学生会員 ○坪井 兵太
岐阜大学工学部 正 会 員 秋山 孝正

1. はじめに

交通行動の記述モデルとして、ロジットモデルなどの関数型モデルがあり、これは効用理論を前提とした統計的方法である。また一方で、人間の知識に基づく主観的判断過程をモデル化する方法として、ファジィ推論やニューラルネットワーク(NN)の利用が検討されている^{1),2)}。

また近年では、ファジィ推論とNNを有機的に結合したファジィ・ニューロによるモデル化手法が各種提案され、多くの成果を上げている。本研究では、ファジィ性を考慮した経路選択現象に関するデータ例を取り上げ、これらの方法の適用性を検討する。すなわち、ロジットモデルやファジィ推論モデルの検討に用いた同一問題のモデル化を行い、推計面から比較を行う。さらに、各種のファジィ・ニューロの具体的方法を紹介するとともに、経路選択モデルへの適用を試みる。これらのモデル化手法の推計結果から、各方法の標準の手順及び各モデルの交通行動分析への適用性が検討できる。

2. ファジィ・ニューロモデル

2.1 ファジィ・ニューロモデルの分類

ファジィ推論モデルでは、メンバシップ関数やルールの調整方法が課題となっている。またニューラルネットワーク(NN)モデルでは、一般にモデルに記された意思決定の論理構造を明確に示すことは難しい。この両方法に内在する課題を相互的に補完することを意図して、ファジィ推論とNNを組み合わせるものがファジィ・ニューロモデルである。

この両者を融合度という点から9種類に分類できることが、既存研究によって示されている³⁾。これによれば、融合度の低いとされる「ニューロ&ファジィ」(並列に各モデルを配置)から融合度の高い「ファジィ化ニューロ」(一部をファジィ化したNN)まで、モデル構造的な意味から分類がされ、このうち本研究では、比較的融合度の高いとされる「ファジィ的ニューロ」モデルについて紹介する。

2.2 ファジィ的ニューロモデル

「ファジィ的ニューロ」モデルとは、モデルとしてNNのみを用いるが、ファジィルールの構造を表現

できるようなネットワーク構造を構成し、ファジィ推論やファジィ制御の計算過程を表現する学習機能を新たに提案するモデルである。したがって、NNはファジィルールを表現し、学習後の出力値は、ファジィ制御の推論値を表している。

具体的な「ファジィ的ニューロ」について様々な研究が行われており、数多くのモデルが提案されている。ここでは、その中の堀川、古橋ら⁴⁾によるモデルを用いる。この概念図を図-1に示す。

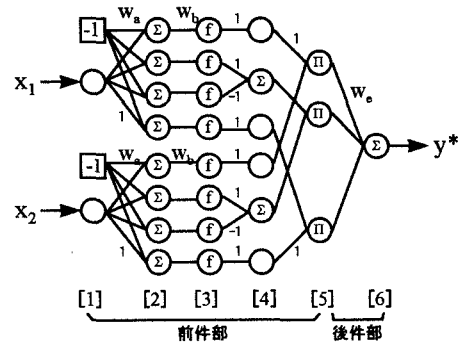


図-1 ファジィ的ニューロモデルの概念図

このモデルでは、前件部メンバシップ関数を、図における第[1]層から第[4]層で構成し、次式のようなシグモイド関数を用いて表現している。

$$A_{ij}(x_j) = \frac{1}{1 + \exp\{-w_b(x_j - w_a)\}} \quad \dots\dots (1)$$

$A_{ij}(x_j)$:メンバシップ関数

また、第[5]層において、各ルールの前件部適合度を求め、第[6]層で(2)式のように後件部実数値との荷重平均によって出力値を推定している。

$$y^* = \frac{\sum_i \mu_i w_{ei}}{\sum_i \mu_i} \quad \dots\dots (2)$$

μ_i :前件部適合度 w_{ei} :後件部実数値

つまり、本モデルでは、NNでの結合荷重 w_a, w_b, w_e をBP(バックプロパゲーション)法の学習によって変化させることで、推論ルールの前件部メンバシップ関数の形状および後件部実数値を調整し、簡略ファジィ推論⁵⁾の実現を図っている。

3. 各種モデルの比較

ここでは、各モデルの特徴を比較するため、アンケート調査によって集計されたデータを用いて経路選択モデルを作成する。そして、各モデルの適用性について検討を行う。

3.1 対象モデルの作成

岐阜市内道路網の「岐阜大学から」R岐阜駅」において、各経路の利用頻度を推計する。モデル作成には、23サンプルのデータを使用し、具体的な説明変数については「認知所要時間」、「認知混雑度」、「認知危険度」のように、最小値、中央値、最大値の3数値で構成された三角形ファジィ数である。

経路選択モデルについては、道路利用者の行動が「経路認知特性値から経路評価値を決定」し、「経路評価値と選択経路数から当該経路の利用頻度を推定」するものとし、段階的なモデルを考えた。

本研究では、各段階に用いたモデルの種類によって、①一般的な手法である「ロジットモデル:BL」、②各段階に簡略ファジィ推論を用いた「多段階簡略ファジィ推論モデル:MFL」、③各段階にファジィ的ニューロを用いた「多段階ファジィ的ニューロモデル:MFN」の3種類の経路選択モデルを作成した。

3.2 多段階ファジィ的ニューロモデル

ここでは、MFNモデルを紹介する。各段階の推論ルールでは、MFLモデルにおけるルール数および前件部ルール構成が同じである。そして、BP法の学習によってメンバーシップ関数の形状、後件部実数を決定し、経路評価値および利用頻度を求める。

1段階目について、推計誤差が7.00%よりも小さくなった時、もしくは反復計算を200回行った時を収束基準とした。この結果、反復計算42回で推計誤差が7.00%を下回ったので計算を終了した。図-3に求められた推論ルールの構成結果を示す。

R-1: IF T is PB THEN V is 0
 R-2: IF CR is PB and RA is PB THEN V is 0.105
 R-3: IF T is PB and CR is PS and RA is PM THEN V is 0
 R-4: IF T is PB and RA is PS THEN V is 0
 R-5: IF T is PM and CR is PM and RA is PM THEN V is 0.561
 R-6: IF T is PS THEN V is 0.889
 R-7: IF T is PS and CR is PM THEN V is 0.443
 R-8: IF CR is PS and RA is PS THEN V is 0.435

PS: Positive Small PM: Positive Medium PB: Positive Big

T: 認知所要時間(Time) CR: 認知混雑度(Traffic Congestion)
 RA: 認知危険度(Risk of Accident) V: 評価得点

図-3 1段階目のファジィ的ニューロモデルのルール構成

3.3 計算結果の比較

ここでは、作成したモデルより得られた推計結果の指標から、各モデルの持つ特徴を比較する。各モデリング手法には、知識をどのような形で蓄積・適用するかという点に相違がある。

各手法の特徴と推計精度を実際のモデリングの視点から整理したものが表-1である。すなわち、この表では、モデル作成における原理や方法と、モデルによって得られる推計結果に関する評価指標の値を整理したものである。

表-1 各モデルの特徴と推計結果

項目	BL	MFL	MFN
知識保存形式	パラメータ	ルール	ルール・結合荷重
モデル変数	数値変数	言語変数	言語・数値変数
モデル化原理	ランダム効用	推論	推論・誤差最小
推論方式	-----	簡略推論	簡略推論
パラメータ決定法	最尤推定	試行錯誤	BP法
推計誤差			
第1段階 経路評価値	691.75	830.96	699.97
第2段階 経路利用頻度	12.57	9.95	11.83

4. おわりに

本研究では、交通行動記述モデルを段階的なファジィ推論で作成する方法を示すとともに、ファジィ・ニューラルネットワークの手法についての適用性を検討した。なかでも、ファジィ的ニューロモデルは、ファジィ推論とNNの特徴を有機的に結合したもので、今回の推計例においてもその有効性が示された。

ここで、本研究の成果を踏まえた今後の課題として、以下の点が挙げられる。

- 1) 今回紹介したファジィ・ニューロ(FN)モデルには、多数の組み合わせ形態があり、交通行動の現象記述的な意味からの整理が必要である。
- 2) 本研究で示したFN以外に、ファジィ推論モデルの構築にGAなどを用いる方法が知られている。簡便なパラメータ推計方法として利用できる可能性が高いので、この点の検討も必要である。

【参考文献】

- 1) 秋山孝正:ファジィ理論による経路選択行動のモデル化, 第10回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 723-726, 1994
- 2) 秋山孝正:知識利用型の経路選択モデル化手法, 土木計画学研究・論文集, No. 11, pp. 65-72, 1993
- 3) 林彪, 馬野元秀:ファジィ・ニューラルネットワークの現状と展望, 日本ファジィ学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 178-190, 1993
- 4) 堀川慎一, 古橋武, 内川嘉樹:ファジィニューラルネットワークの更生法と学習法, 日本ファジィ学会誌, Vol. 4, No. 5, pp. 906-928, 1992
- 5) 秋山孝正:ファジィ理論を用いた道路交通流解析, 土木計画学研究・論文集, No. 11, pp. 13-28, 1993